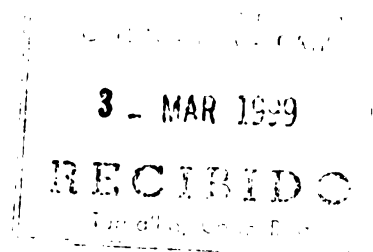


**ATLANTIC ZONE PROGRAMME**



**Report No. 34**  
**Field Report No. 81**

**✓**  
**RESPUESTA DEL PASTO ELEFANTE ENANO**  
**(PENNISSETUM purpureum cv. MOTT) A DIFERENTES**  
**INTENSIDADES Y FRECUENCIAS DE PASTOREO EN EL**  
**TROPICO HUMEDO (GUAPILES) DE COSTA RICA**

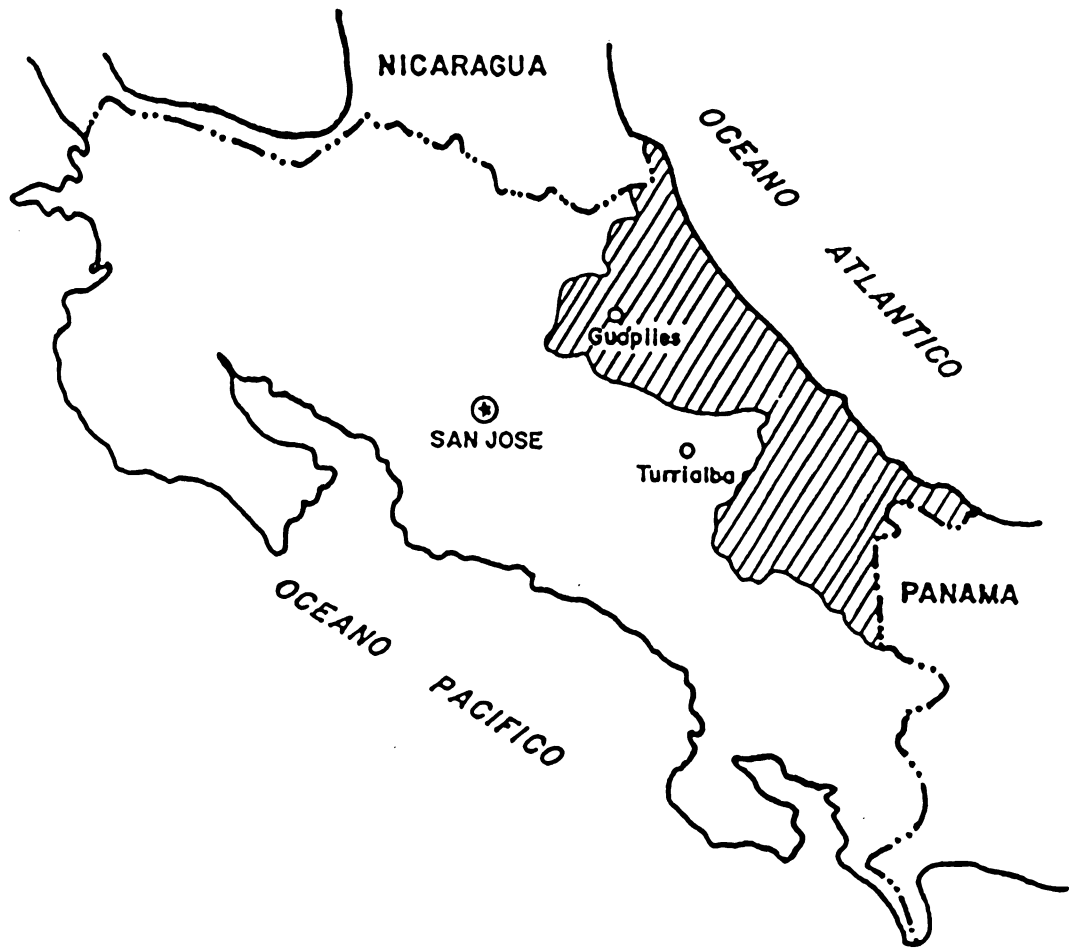
**✓**  
**Arno Maas**

**Turrialba**  
**August, 1992**

**CENTRO AGRONOMOICO TROPICAL DE**  
**INVESTIGACION Y ENSEÑANZA - CATIE**

**UNIVERSIDAD AGRICOLA**  
**DE WAGENINGEN - UAW**

**MINISTERIO DE AGRICULTURA Y**  
**GANADERIA DE COSTA RICA - MAG**



Location of the study area.

## PREFACE

### General description of the research programme on sustainable Landuse.

The research programme is based on the document "elaboration of the VF research programme in Costa Rica" prepared by the Working Group Costa Rica (WCR) in 1990. The document can be summarized as follows:

To develop a methodology to analyze ecologically sustainable and economically feasible land use, three hierarchical levels of analysis can be distinguished.

1. The Land Use System (LUS) analyses the relations between soil type and crops as well as technology and yield.
2. The Farm System (FS) analyses the decisions made at the farm household regarding the generation of income and on farm activities.
3. The Regional System (RS) analyses the agroecological and socio-economic boundary conditions and the incentives presented by development oriented activities.

Ecological aspects of the analysis comprise comparison of the effects of different crops and production techniques on the soil as ecological resource. For this comparison the chemical and physical qualities of the soil are examined as well as the pollution by agrochemicals. Evaluation of the groundwater condition is included in the ecological approach. Criteria for sustainability have a relative character. The question of what is in time a more sustainable land use will be answered on the three different levels for three major soil groups and nine important land use types.

#### Combinations of crops and soils

	Maiz	Yuca	Platano	Piña	Palmito	Pasto	Forestal I II III
Soil I	x	x	x		x	x	x
Soil II						x	x
Soil III	x			x	x	x	x

As landuse is realized in the socio-economic context of the farm or region, feasibility criteria at corresponding levels are to be taken in consideration. MGP models on farm scale and regional scale are developed to evaluate the different ecological criteria in economical terms or visa-versa.

Different scenarios will be tested in close cooperation with the counter parts.

El Programa Zona Atlántica (CATIE-UAW-MAG) es el resultado de un convenio de cooperación técnica entre el CATIE, la Universidad Agrícola Wageningen (UAW) Holanda y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Costa Rica. El Programa, cuya ejecución se inició en abril de 1986, tiene, como objetivo a largo plazo la investigación multidisciplinaria dirigida a un uso racional de los recursos naturales, con énfasis en el productor pequeño de la Zona Atlántica de Costa Rica.

## AGRADECIMIENTOS

Aqui cabe dar las gracias más efuriaas a toda las que me ayudaron en la ejecución de mi trabajo y en la formulacion del informe escrito en que he dado de manifiesto mis experiencias durante el tiempo de prácticas. Agradezco su colaboracion y ayuda no solo a la plantilla del Programa Zona Atlántica, sino también al personal del MAG.

De manera muy especial quisiera agradecerle a Jorge Enrique Lobo Rivera su amable coloboracion durante el trabajo y fuera de eso.

Por fin quiero expresar mi más profundo agradecimiento a los profesores L. 't Mannetje y F. Romero que me ofrecieron esta oportunidad.

A Muhammad Ibrahim M. Sc. quisiera tambien expresar mi reconocimiento especial, porque resultó como un ayuda de gran valor.

Arno Maas

## RESUMEN

Este experimento se realizó entre los meses de junio 1989 hasta mayo 1990 en Guápiles, Costa Rica. El objetivo de diferentes combinaciones de intensidades y frecuencias de pastoreo, sobre el rendimiento, la calidad, la persistencia y la utilización del pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) bajo las condiciones del trópico húmedo. Se utilizaron animales cruzados Brahman con *Bos taurus* oscilando los pesos vivos de 200 a 300 kg. El diseño experimental utilizado fue por frecuencias 21, 28 y 35 días de descanso entre dos períodos de defoliación y intensidades, 500, 900 y 1300 kg de materia seca (MS) de hojas residuales. Las combinaciones resultaron en (3X3 factorial) y las dos repeticiones en 18 parcelas experimentales. Las variables de repuesta fueron la producción y la calidad de materia seca antes de cada ciclo de pastoreo así como también la composición botánica y el porcentaje de hojas del total. La calidad del pasto se evaluó en terminos de concentración de proteína cruda (PC) y su digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS). Se logra un mejor aprovechamiento de la capacidad forrajera del pasto elefante enano cuando los ciclos de pastoreo oscilan entre 28 a 35 días de descanso ( $p < 0.05$ ). En la composición botánica de las praderas se mostró un descenso en el porcentaje del pasto elefante enano, pero este porcentaje bajó más ( $p < 0.01$ ) con un periodo de descanso corto y un cantidad de MS hojas residuo bajo. El porcentaje de proteína cruda (% PC) estuvo entre (10.3 - 12.6%) pero no hay diferencias significativas. Un periodo de descanso de 28 días dio una digestibilidad de las hojas de pasto elefante enano mas bajo ( $p < 0.01$ ) que las otras frecuencias, aunque no tan significativamente para los intensidades diferentes. Se presentó una disminución del 40% en la producción de materia seca durante el período de floración. Esta marcada disminución en el rendimiento de

biomasa durante este periodo sería una de las principales limitantes de este pasto. La aparición de un hongo que ataca principalmente las hojas de la planta, también afecta en forma negativa la producción de forraje.

## **INDICE**

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

INDICE

1. INTRODUCCION . . . . .	1
2. REVISION DE LITERATURA . . . . .	2
2.1 CALIDAD FORRAJERA . . . . .	3
2.2 PRODUCCION DE MATERIA SECA . . . . .	4
2.3 MANEJO DEL PASTOREO . . . . .	5
2.4 RESPUESTA ANIMAL . . . . .	6
3. MATERIALES Y METODOS . . . . .	8
4. RESULTADOS . . . . .	12
5. DISCUSION Y RECOMENDACIONES . . . . .	29
LITERATURA . . . . .	32



## 1. INTRODUCCION

En las regiones tropicales la producción ganadera es muy baja comparada con las regiones templadas. Estas condiciones se asocian con la baja disponibilidad y calidad de los forrajes, falta de mejoramiento animal, alta incidencia de enfermedades, y bajos índices reproductivos.

En general se acepta que la producción de forraje es la fuente de alimentación más barata en la nutrición de rumiantes. Muchos investigadores como Whiteman (1980) y Mannetje (1982), han dado énfasis a la selección y manejo de forrajes mejorados para aumentar la producción animal. Whiteman (1980), reporta que los pastos mejorados no solo resultan en el aumento de la producción de leche, sino en la producción por hectárea que es muy importante en el trópico.

El objetivo del manejo de las pasturas es mantener un alto nivel de producción de los animales bajo pastoreo. Se requiere un entendimiento de dos cosas: como la pastura afecta la producción animal y como el pastoreo afecta la capacidad de una pastura para persistir, crecer y proveer alimento de alto valor. (Vickery, 1981).

En Florida el pasto Elefante Enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) ha sido reportado como un pasto de alta calidad y producción. Sin embargo hay poca información sobre el comportamiento de éste pasto bajo condiciones del trópico húmedo.

Por lo anterior el objetivo principal de éste trabajo es evaluar el comportamiento bajo pastoreo del pasto Elefante Enano en las condiciones del trópico húmedo.

Es importante indicar que éste trabajo se inicio en 1988, y se continuó por un periodo de dos años.

## 2. REVISION DE LITERATURA

Muchos investigadores (Veiga et al., 1985; Mott, 1984; Sollenberger y Jones, 1986) reportan que el pasto Elefante Enano tiene la capacidad para persistir bajo condiciones de pastoreo. En trabajos realizados por éstos autores se reportan alto 'nivel' de producción animal. Este alto nivel de producción se asocia con el alto valor nutritivo del pasto y un alto porcentaje de producción de hojas.

El pasto Elefante Enano crece en forma de macolla, hasta una altura de 1.6 m. También tiene la propiedad de producir muchos rebrotes y alcanza un diámetro foliar de 0.4 m. o más (Sollenberger, et al 1988<sup>a</sup>). Estudios realizados en pasto Elefante Enano bajo condiciones de corte indican que la relación hoja-tallo es de 2.5 cuando el pasto tiene 56 días de haber sido defoliado (Boddorff y Ocumpaugh, 1986). Estos valores son superiores a los valores que se reportan para otros ecotipos de pennisetum. En estudios conducidos por Pedreira y Boin (1969), el Elefante de porte alto alcanzó una relación hoja-tallo menor de 0.5 a los 60 días de corte. Esto indica que las variedades enanas tienen mayor capacidad de producir mayor proporción de hojas con periodos largos entre cortes.

En otros estudios con Elefante Enano bajo condiciones de pastoreo también se encontró alta relación hoja-tallo (Sollenberger et al., 1988<sup>b</sup>).

La relación hoja-tallo es generalmente usada para estudiar las características de crecimiento de cada especie forrajera, y tiene una marcada importancia en el manejo correcto de las pasturas (Brozotowski y Owen, 1964; Beliuchenko y Febles, 1980). Debido a la mala calidad de las hojas sobre los tallos. La relación puede ser usada como un índice de la calidad del

forraje (V. Soest, 1982).

Beliuchenko y Febles (1980), mostraron que la relación hoja-tallo de cinco pastos tropicales varió de 0.5 a 1.1; con Panicum maximum y Digitaria decumbens se encontró la más alta relación hoja-tallo. El Elefante Enano tiene una excelente composición de la hoja (Sollenberger et al, 1988<sup>a</sup>). Veiga et al (1985), notó que la relación hoja-tallo de este pasto fue mayor con periodos largos de descanso, lo que no es característico para otras especies forrajeras (Sollenberger et al, 1988<sup>b</sup>). También Boddorff y Ocumpaugh (1986), mencionan una alta calidad de tallos para Elefante Enano.

La alta calidad forrajera de pasto y la buena composición de las hojas, hacen que existan una mayor utilización que en los otros cultivares de porte alto (Sollenberger et al., 1988<sup>b</sup>). La selección de especies de alta proporción de hojas es muy importante porque no esta solo se asocia con una alta calidad forrajera sino tambien con una mayor eficiencia de utilización del pasto. La importancia de las hojas sobre el consumo es reportado por Stobbs (1978), Chacón y Stobbs, (1976).

## 2.1 CALIDAD FORRAJERA

La calidad forrajera del pasto Elefante Enano es superior comparada con otros pastos perennes tropicales (Rocha y Vera, 1981; Sollenberger y Jones, 1986). Una alta calidad forrajera está asociada con una alta producción de hojas de éste pasto.

En estudios conducidos en Elefante Enano se encontró que la concentración de proteína cruda fue mayor al 10% y la DIVMS mayor al 68%, a los 42 días de descanso (Boddorff y Ocumpaugh, 1986; Vascones et al, 1988; Ibrahim, 1989). Estos valores son superiores a los reportados para los otros ecotipos de

pennisetum, en que se observa una disminución muy marcada de la proteína y la DIVMS, para periodos de 28 a 56 días de descanso (Muldon y Pearson, 1979). También se reporta la misma tendencia para pastos de crecimiento rastrero (Rocha y Vera, 1981). Los cambios en el valor nutritivo con la edad se asocia con:

- 1- La acumulación de componentes estructurales
- 2- Aumento en la producción de materia muerta
- 3- Alto nivel de lignificación

Los efectos de estos componentes son discutidos por Van Soest (1982) y Norton (1982).

En otros estudios se ha encontrado que el Elefante Enano también tiene la capacidad de mantener su alta calidad forrajera por largos periodos (Fuentes et al, 1989; Flores et al., 1989). Se observa que la proteína y la DIVMS fueron superiores al 8% y 55% a los 115 días de corte respectivamente. Esto indica que el Elefante Enano puede ser utilizado como un buen pasto para conservación de forraje durante la época seca.

## 2.2 PRODUCCION DE MATERIA SECA

La producción de materia seca de elefante enano es muy baja, ya que solamente produce una tercera parte de los ecotipos de pennisetum de porte alto. Sin embargo esto se ve compensado por una mayor producción de hojas, que se considera muy importante en el manejo de pastos.

En estudios bajo corte con pastos perennes (Kalmbacher et al. 1986) se nota que el pasto elefante enano rinde más de 10 toneladas materia seca por hectárea. Este valor fue superior a otros pastos estudiados en el experimento.

En ensayos bajo pastoreo Mott (1984) reporta que el pasto produce más de 4 toneladas de hojas durante periodos de descanso de 56 días. También se notó valores similares en estudios del trópico húmedo.

El pasto elefante enano también se puede asociar con leguminosas para mantener una producción sostenida de materia seca. En asociación con *Glycine wightii* la producción de materia seca fue alrededor de 7 toneladas por hectárea, y el valor nutritivo de proteína cruda y digestibilidad in vitro de materia seca fue mayor con las asociaciones cuando se compara con el pasto solo (Vascones et al. 1988).

### 2.3 MANEJO DEL PASTOREO

El efecto de frecuencia e intensidad de pastoreo es muy importante para la persistencia del pasto. Muchos investigadores (Blaser 1982, Broughman 1959 y Vickery 1981) han notado que las especies erectas, requieren intervalos de descanso muy largos para la recuperación del pasto. Esto está asociado con la localización de los puntos de crecimiento, que están más expuestos a ser consumidos por el animal (Humphreys, 1966). La importancia del área foliar en el manejo del pasto fue discutido por Brown y Blaser (1968), Vickery (1981), Broughman (1959) y Humphreys (1966). En estudios con pastos templados Broughman ha notado que la tasa de crecimiento ha bajado después del pastoreo, pero luego aumenta el índice de área foliar hasta un óptimo; y en los mismos trabajos se ha notado que después del punto óptimo el índice de área foliar tiene un efecto negativo sobre la tasa de crecimiento. La disminución de la tasa de crecimiento está asociado con aumento de sombra, que afecta las hojas bajas, aumento en el grado de senescencia y el porcentaje de materia muerta (Broughman, 1959;

Brown y Blaser, 1968).

Por otra parte las especies rastreras han sido reportadas con alto crecimiento a más bajo intervalo de descanso. El alto crecimiento está asociado con una protección de los puntos de crecimiento durante el pastoreo, lo cual permite que la planta continúe la producción de hojas y el proceso de fotosíntesis (Villalobos, 1979). En éstas especies rastreras la tasa de crecimiento es más baja por que hay mayor acumulación de materia muerta.

En estudios con elefante enano bajo pastoreo Veiga (1985) ha notado que cortos periodos de descanso y alta presión de pastoreo es muy catastrófico para la supervivencia de éste pasto. Rodríguez et al., (1987) en estudios fisiológicos con elefante enano notó que con alta presión de pastoreo, resulta en una disminución de la reserva de carbohidratos. La reserva de carbohidratos es muy importante durante los primeros 3 ó 4 días después del pastoreo ó corte para la producción de rebrotes, ya que en éste periodo la planta está en un balance negativo de energía (White et al., 1973).

Estudios realizados por Mott (1984) concluye que intervalo de descanso entre 28 y 42 días puede ser factible para mantener la producción y persistencia del pasto. Castillo Gallegos (1983) recomienda que la intensidad de pastoreo para elefante enano no debe ser tal que haya una defoliación del 80%.

#### 2.4 RESPUESTA ANIMAL

La alta calidad forrajera de elefante enano está repaldada por una alta producción animal. Sollenberger (1986) notó que los animales en pastoreo de elefante enano ganaron más de 800 gr. por día, que es superior a los resultados encontrados para otros pastos tropicales. En el mismo trabajo se notó que

animales en pastoreo de *Paspalum notatum* fue menor a 400 gr. por día. La superioridad en producción animal se puede asociar con el alto índice de calidad forrajera y la producción de hojas, que resulta en una mayor eficiencia de utilización del pasto.

Los resultados obtenidos en condiciones del trópico seco son similares a los obtenidos en Florida (Vascones et al., 1988). Vascones notó que la producción por hectárea fue superior a 740 kg, y para el mismo trabajo se encontró una producción de 540 kg por hectárea para *Cynodon nlemfluensis*, lo que indica que el pasto tiene alto potencial para condiciones tropicales; sin embargo se necesitan más trabajos para evaluar el comportamiento del pasto bajo condiciones del trópico, y condiciones diferentes de manejo.

### 3. MATERIALES Y METODOS

**Localización:** El trabajo fue realizado en la Estación Experimental Los Diamantes del Ministerio de Agricultura y Ganadería, localizada en Guápiles en la zona Atlántica de Costa Rica, Centroamerica a 10° 13' de latitud norte y 83° 47' de longitud oeste, a 250 m.s.n.m.. La temperatura anual promedio es 25°C y una precipitación promedio de 4500 mm., bien distribuidos a travez del año con un ligero pico en el mes de Mayo.

El tipo de suelo en la Estación Experimental se clasifica como una Unión Pachic Fulvudand (Wielemaker, comunicación personal) y ésta región se clasifica como bosque muy húmedo tropical.

Las parcelas de Elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) en éste experimento se fertilizaron con 50 Kg de nitrógeno y 10 Kg de fosforo (en forma triple superfosfato) por hectárea. De Noviembre de 1988 a Junio de 1989 se utilizaron en un experimento previo después del cual se uniformizaron a una altura de 30 cm., 5 y 6 semanas antes del inicio de ésta investigación. Durante la fase experimental de Julio 1989 - Mayo 1990, no se aplicó fertilizante.

Para el pastoreo se utilizaron animales cruzados Brahaman con Bos Taurus de un hato de 70 animales, oscilando los pesos vivos de 200 a 300 Kg..

Las dos variables experimentales fueron frecuencia e intensidad de pastoreo. Tres frecuencias (21, 28, 35 días) definidas como el número de días de descanso entre dos ciclos de defoliación fueron evaluados. Cada ciclo consistía de 3 días



de pastoreo. Las intensidades, definidas como la cantidad residual de hojas en base seca (MS) se evaluaron a tres niveles: 500, 900, 1300 Kg. hojas MS por hectárea. Para obtener los residuos deseados al final de cada pastoreo se utilizó la formula siguiente:

$$PV = \frac{(Hd - Hr) * A * 100}{2.5 * DP}$$

Con: PV = Peso vivo pastando en cada parcela.

Hd = Peso de MS de hojas disponibles (Kg/ha).

Hr = Peso de MS de hojas residuales (Kg/ha).

A = Area de parcela experimental (ha).

2.5 = Consumo de MS estimado por 100 kg PV por día.

DP = Dias de pastoreo.

Usando los pesos vivos resultantes de la fórmula, se aproximó a tres días de pastoreo. Sin embargo, esto no fue siempre posible. Debido a la variación en el consumo de forraje, se hizo necesario de prolongar el período con unas horas ó de terminar el ciclo de pastoreo un día antes, para obtener tanto como fuere posible los residuos de forraje preestablecidos.

Estas intensidades y frecuencias se decidieron después de evaluar los resultados de un experimento previo (Ibrahim, 1989).

El diseño experimental utilizado fue de parcelas divididas, donde las parcelas grandes se formaron por frecuencia e intensidad y las parcelas pequeñas por los ciclos sucesivos. Las dos variables, intensidad y frecuencia, fueron evaluadas utilizando un arreglo factorial 3x3, factorial con

nueve combinaciones de tratamientos y dos repeticiones que resultaron en 18 parcelas experimentales.

El modelo estadístico empleado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + I_i + F_j + I_i * F_j + C_k + I_i * C_k + F_j * C_k + I_i * F_j * C_k + e_{ijk}$$

Donde:

Y	:	Variable respuesta
$\mu$	:	Media general
$I_i$	:	Efecto de la intensidad i
$F_j$	:	Efecto de frecuencia j
$C_k$	:	Efecto de ciclo k
$I_i * F_j$	:	┌
$I_i * C_k$	:	
$F_j * C_k$	:	└ Interacciones de los efectos
$I_i * F_j * C_k$	:	┌
$e_{ijk}$	:	Error experimental

Durante el ensayo se registraron las siguientes variables:

-La disponibilidad de hojas (kg MS) residual luego del pastoreo.

Para ambas mediciones se utilizó el "Método de Rendimiento Comperativo" ("comparitive yield method") propuesto por Haydock y Shaw (1975). Como unidad de muestreo se tomó una cepa del pasto y no un cuadrado de 0.5x0.5 m. Se realizó un total de 40 muestras visuales en cada parcela, con un rango de 1 a 5. Estos rangos se cortaron a una altura de 25 cm y para evitar una reducción del pasto presente, se muestró solamente la mitad del rango 2 y unicamente la cuarta parte en los rangos 3, 4 y 5. En el rango 1 se muestró la planta completa. Después de separar

hojas y tallos se secaron las muestras por 48 horas a 65°C para determinar el contenido de materia seca.

-Antes de cada pastoreo se determinó la composición botánica, de acuerdo al "Método de Rango Peso Seco", (dry-weight-rank method" de 't Mannelje y Haydock (1963). En cada parcela se asignó los rangos 1 a 3 a las especies diferentes en respecto de cantidad presente en peso seco en 30 cuadros de 0.25 m<sup>2</sup>. Las especies fueron separadas en las siguientes categorías:

- Gramíneas 1: elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott)
- 2: otros pastos cultivados
- 3: gamelote (*Paspalum fasciculatum*)
- 4: otros pastos naturales
- Hojas anchas 5: leguminosas naturales
- 6: malas hierbas
- Cyperáceas 7: especies de cyperáceas

Para el análisis de calidad, se utilizaron las muestras recolectadas en la estimación de la disponibilidad y el residuo. Se determinó el contenido de proteína cruda (%PC) mediante la técnica de micro-Kjeldahl (Bateman, 1970) y la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) utilizando la técnica propuesta por Tilley y Terry (1963).

#### 4. RESULTADOS

En el cuadro 1 se observa que existió un efecto significativo de la frecuencia y la intensidad de pastoreo sobre la eficiencia de defoliación, siendo los efectos más notorios a altas intensidades (500 kg MS/ha).

**Cuadro 1.** Eficiencia de defoliación (%) de pasto elefante enano con diferentes intensidades y frecuencias de pastoreo durante el periodo de julio 1989 hasta mayo 1990.

INTENSIDAD	FRECUENCIA			Promedio de intens. $\pm$ S.D. (n=44)
	21	28	35	
500	54.5	57.1	55.0	55.5 <sup>a</sup>
900	42.3	50.4	58.1	50.2 <sup>a</sup> $\pm$ 1.98
1300	34.9	44.2	32.7	37.3 <sup>b</sup>
Promedio de frec. (n= )	43.9 $\pm$ 1.8 54	50.6 $\pm$ 2.0 42	48.6 $\pm$ 2.2 36	47.3  $r^2 = 0.795$ $p < 0.01$

Frecuencia: números de días descanso entre dos periodos de defoliación.

Intensidad: cantidad de MS hojas residuo (kg/ha)

<sup>ab</sup> : cifras identificadas con la misma letra no fueron diferentes

No obstante a medida que las intensidades disminuyen se observó una ligera declinación de la eficiencia de utilización de la pastura, siendo el tratamiento con la intensidad de 900 kg hoja/ha y 35 días de descanso que presentó la mayor utilización (58.1%) de la pastura.

Contrariamente periodos de descanso largos y livianas presiones de pastoreo resultaron en una muy baja utilización (32.7) del pasto producido, lo que podría reflejarse en acumulaciones de material muerto que en futuros periodos de pastoreo serían todavía menos consumidos debido a un incremento en la lignificación del material.

Estos resultados guardan relación con la cantidad de materia seca presente al final de cada periodo de pastoreo y concuerdan con los resultados de Galviz (1983), el cual observó una estrecha relación entre alta eficiencia de defoliación y presiones de pastoreo altas. Por lo tanto, los resultados muestran una tendencia lógica, ya que es aceptado que a altas intensidades de pastoreo el animal está obligado a pastar más bajo y esto incrementa la eficiencia de utilización de la pastura (Stobbs, 1978)

Por otro lado las diferencias significativas de defoliación a diferentes frecuencias de pastoreo, podrían estar asociadas a la variación en la producción de Materia Seca, situación que podría reflejarse especialmente en los tratamientos de cargas altas (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Efecto de la intensidad y frecuencia de pastoreo sobre la carga animal (UA) en pasto elefante enano**

INTENSIDAD	FRECUENCIA			Promedio
	21	28	35	de intens. (n=20)
500	2.72	2.32	2.24	2.43 <sup>a</sup>
900	2.40	4.01	3.92	3.45 <sup>b</sup> ±0.27
1300	1.46	2.79	2.23	2.16 <sup>a</sup>
Promedio	2.20 <sup>a</sup>	3.04 <sup>b</sup>	2.79 <sup>ab</sup>	2.63
de frec.	±0.24	±0.27	±0.30	p<0.05
(n= )	54	42	36	r <sup>2</sup> = 0.825

p<0.01

**Frecuencia:** números de días descanso entre dos períodos de defoliación.

**Intensidad:** cantidad de MS hojas residuo (kg/ha)

UA : 400 Kg Peso Vivo

<sup>ab</sup> : cifras identificadas con la misma letra no fueron diferentes

El cuadro 2 muestra diferencias significativas en la carga animal soportada por el pasto elefante enano con respecto a la intensidad de pastoreo. A intensidades de 900 kg se encontró la carga más alta, que estuvo alrededor de 4 UA/ha. Es importante indicar que esta carga animal se obtiene con periodos de descanso mayores a los 28 días, sugiriendo que un manejo intensivo del pasto estaría dado con intensidades de 900 kg/hoja y 28 a 35 días de descanso.

El cuadro 2 muestra diferencias significativas en la carga animal soportado por el pasto elefante enano con respecto a la

frecuencia de 21 días, es más bajo que en 28 días y también más bajo que en 35 días pero sin diferencias significativas.

No se encontraron diferencias significativas para la interacción intensidad por frecuencia de pastoreo. Hay que indicar que las cargas animales encontradas en el trabajo son muy superiores a la carga promedio de la región Atlántica (1.4 U.A./ha).

**Cuadro 3.** Porcentaje de hojas en pasto elefante enano cometido a diferentes intensidades y frecuencias de pastoreo.

INTENSIDAD	FRECUENCIA			Promedio de intens. $\pm$ S.D. (n=44)
	21	28	35	
500	39	44	49	44
900	51	49	52	51 $\pm$ 2.1
1300	49	52	50	50
Promedio	46	49	51	48
de frec. $\pm$ S.D.	$\pm$ 1.9	$\pm$ 2.1	$\pm$ 2.3	
(n= )	54	42	36	$r^2 = 0.851$

Frecuencia: números de días descanso entre dos períodos de defoliación.

Intensidad: cantidad de MS hojas residuo (kg/ha)

En el cuadro 3 se puede apreciar el efecto de los tratamientos evaluados sobre el porcentaje de hojas del pasto elefante enano. No se encontró efectos significativos, ni de la intensidad o la frecuencia de pastoreo sobre este atributo. Sin embargo existió la tendencia a haber un porcentaje más bajo de

hojas (44%) a altas intensidades de pastoreo. La misma tendencia, de reducirse el número de hojas (46%), fue encontrada a medida que los periodos de descanso fueron más cortos. La combinación de intensidad y periodos de descanso fue más importante cuando los periodos de descanso fueron cortos y la intensidad de pastoreo alta reduciéndose el porcentaje de hojas hasta un 39%.

**Cuadro 4.** Porcentaje de materia muerta en pasto elefante enano bajo varias intensidades y frecuencias de pastoreo.

INTENSIDAD	FRECUENCIA			Promedio de intens. $\pm$ S.D. (n=44)
	21	28	35	
500	17.8	20.7	24.8	21.1
900	20.6	16.4	18.0	18.3 $\pm$ 0.9
1300	22.3	22.3	19.5	21.4
Promedio	20.2	19.8	20.8	20.20
de frec.	$\pm$ 0.8	$\pm$ 0.9	$\pm$ 1.0	
(n= )	54	42	36	$r^2 = 0.876$

Frecuencia: números de días descanso entre dos periodos de defoliación.

Intensidad: cantidad de MS hojas residuo (kg/ha)

En el cuadro 4 se muestra la proporción, en términos de porcentaje de materia muerta debida a los tratamientos evaluados. Existió un efecto significativo para la interacción



de la frecuencia e intensidad de pastoreo. Así, el porcentaje de materia muerta más bajo fue 16.4% encontrado en los tratamientos con 28 días de descanso y 900 kg de materia seca de hojas residual. A muy bajas intensidades de pastoreo se observó un porcentaje mayor (22.3%) de materia muerta en la pastura. Lo anterior concuerda con los resultados de Vickery (1981), quién encontró que a medida que la materia seca residual después de cada pastoreo aumentaba también el porcentaje de material muerto en los extratos inferiores se incrementaba. Lo anterior debido posiblemente al efecto que la sombra de las hojas superiores ejercía sobre las hojas inferiores.

El porcentaje de materia muerta encontrado en los tratamientos con bajas intensidades de pastoreo como 1300 kg MS de hoja/ha, es casi el mismo al de alta intensidad lo cual puede verse a la aparición de un hongo (Pleoptera sp.) en las parcelas de alta intensidad que causó la muerte de las hojas, confundiendo entonces los efectos de intensidad y frecuencia. Este hongo no ha sido encontrado en otras condiciones de Costa Rica menos lluviosas (Romero, comunicación personal) ni bajo las condiciones de la Florida (Sollenberger, 1988<sup>b</sup>), y podría ser típico de los trópicos húmedos.

**Cuadro 5. Rendimiento (Kg MS/día/Ha) de hojas de pasto elefante enano durante diferente intensidades y frecuencias de pastoreo**

INTENSIDAD	FRECUENCIA			Promedio	de intens. ± S.D. (n=44)
	21	28	35		
500	27.1	23.3	21.7	24.0 <sup>a</sup>	
900	26.7	35.9	39.6	34.1 <sup>b</sup>	± 2.6
1300	19.4	32.6	23.1	25.0 <sup>a</sup>	
Promedio	24.4	30.6	28.1	27.4	
de frec.±S.D.	±2.3	±2.6	±2.8		p<0.05
(n= )	54	42	36		r <sup>2</sup> = 0.918

Frecuencia: números de días descanso entre dos períodos de defoliación.

Intensidad: cantidad de MS hojas residuo (kg/ha)

<sup>ab</sup> : cifras identificadas con la misma letra no fueron diferentes

El rendimiento diario del pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) osciló entre 19 y 40 kg hojas MS por hectárea (cuadro 5), un nivel lo cual es bajo en comparación con el cifras previo de v.d. Grinten (1989).

Estos rendimientos son bajo comparados con los del tipo alto de pasto elefante.

Con los períodos de descanso no se encontró efectos significativos pero sin embargo existió la tendencia a haber un rendimiento más bajo de frecuencia de 21 días. Sollenberger et

al., (1987) han visto estas cifras también. Un factor que tal vez limitó el crecimiento durante períodos de descanso cortos fue el agotamiento de las reservas de carbohidratos en la planta y una disminución fuerte del área fotosintética (Humphreys, 1966)

En el cuadro 5 con 900 kg hojas residuales por hectárea se observó un rendimiento más alto ( $p < 0.05$ ) de 34.1 kg MS/día/ha de hojas que los otros intensidades de 500 y 1300 kg MS/ha residuo.

**Cuadro 6.** Producción por hectaria (Kg MS/Ha de hojas) de pasto elefante enano durante diferentes intensidades y frecuencias de pastoreo durante el período de descanso.

INTENSIDAD	FRECUENCIA			Promedio de intens. $\pm$ S.D. (n=44)
	21	28	35	
500	972	1029	1206	1069 <sup>a</sup>
900	1269	1906	2142	1772 <sup>b</sup> $\pm$ 90
1300	1402	1951	1911	1755 <sup>b</sup>
Promedio	1214 <sup>a</sup>	1629 <sup>b</sup>	1753 <sup>b</sup>	1493
de frec.	$\pm$ 80	$\pm$ 91	$\pm$ 98	$p < 0.01$
(n= )	54	42	36	$r^2 = 0.918$

Frecuencia: números de días descanso entre dos períodos de defoliación.

Intensidad: cantidad de MS hojas residuo (kg/ha)

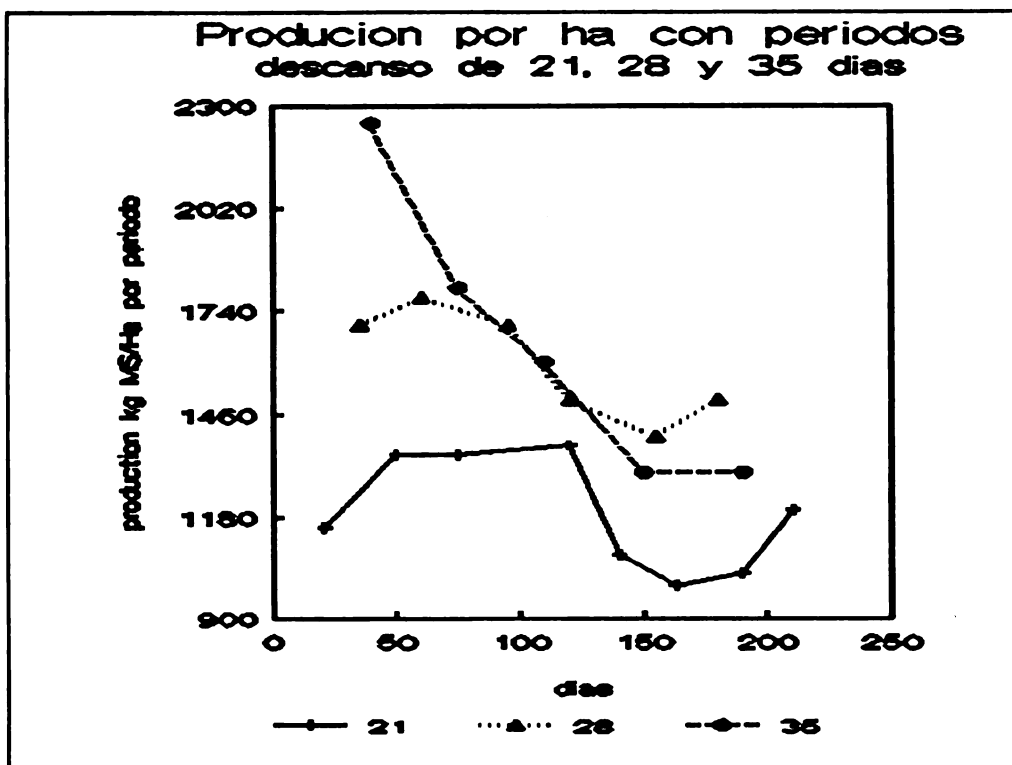
<sup>a</sup> : cifras identificadas con la misma letra no fueron diferentes

La producción de materia seca en términos de kilogramos de hojas por hectárea (cuadro 6.) dirigió significativamente de acuerdo a las intensidades y frecuencias estudiadas. Las altas frecuencias (21 días de intensidades (500 kg MS/ha) de pastoreo produjeron la menor producción por hectárea (972 kg MS hojas/ha), encontrándose mayores rendimientos a medida que las frecuencias e intensidades aumentan. Producciones tan altas como 2142 kg de materia seca por hectárea fueron encontradas cuando el pasto se manejó con un periodo de descanso de 35 días y una presión de pastoreo de 900 kg MS/ha.; indicando la susceptibilidad de este material al mal manejo y su positiva respuesta cuando se le maneja apropiadamente.

Además los resultados obtenidos se pueden asociar con la cantidad de material muerto y la eficiencia de crecimiento de las hojas en los tratamientos con intensidades altas de pastoreo (Cuadro 4). Da Veiga et al (1985) también encontró una mejor producción de forraje a presiones de Gainesville, Florida.

La mayor producción encontrada fue de 2142 kg de MS/ha a los 35 días de descanso, la cual es baja si se compara con lo encontrado para este pasto (3900 kg MS/ha de hojas) por Ibrahim (1990) bajo las mismas condiciones donde se realizó este experimento.

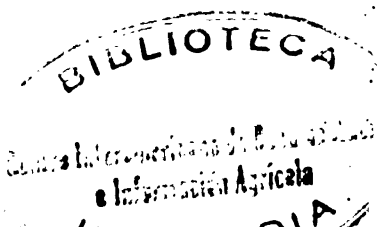
Sin embargo, es importante mencionar que durante el periodo del estudio, coincidentemente el pasto floreció, situación que no solo explica la reducción en producción de hojas, sino que más bien resalta las cualidades de este pasto ya que aún así la calidad y cantidad de forraje producido es superior al de otros forrajes de la región en el mismo estado fisiológico. Además debe resaltarse que no se aplicó ningún fertilizante a la pastura durante el año.



**Grafico 1.** Producción por hectarea con periodos de descanso de 21, 28 y 35 días

En el Gráfico 1. esta escrito la producción por hectaria de pasto elefante enano durante el tiempo experimental.

En este grafico es muy claro que el floracion del pasto hace bajar el producción de pasto elefante enano. Van der Grinten (1989) ha visto ya que la floracion se parece en el fin de Octubre 1989 y se continuaba hasta febrero 1990 para el descanso de 35 días. En marzo algunas parcelas de 35 días y 1300 y 900 kg MS residu estaban todavia en floración. La floración rendir una rebaja de mas o menos 40% (Norton, 1982). En las parcelas de 21 días de descanso no esta visto bastante floración como las otras parcelas. Después de la floración hay una crecimiento del producción para todas las parcelas.



**Cuadro 7.** Efecto de la intensidad y frecuencia de pastoreo sobre el porcentaje de desaparición de elefante enano en la pastura (la diferencia entre junio 1989 y mayo 1990)

INTENSIDAD	FRECUENCIA			Promedio	
	21	28	35	de intens. $\pm$ S.D.	
	<hr/>			(n=6)	
500	33.8	25.1	25.1	28.0 <sup>a</sup>	
900	26.6	9.1	17.2	17.6 <sup>b</sup>	$\pm$ 2.0
1300	10.1	14.0	10.1	11.4 <sup>b</sup>	
	<hr/>				p<0.01
Promedio	23.5 <sup>a</sup>	16.1 <sup>b</sup>	17.4 <sup>ab</sup>	19.0	
de frec. $\pm$ S.D.		$\pm$ 2.0			p<0.05
(n=6)					r <sup>2</sup> = 0.870

Frecuencia: números de días descanso entre dos períodos de defoliación.

Intensidad: cantidad de MS hojas residuo (kg/ha)

<sup>ab</sup> : cifras identificadas con la misma letra no fueron diferentes

Durante el periodo experimental existió una importante interacción entre las intensidades y las frecuencias de pastoreo con respecto a la desaparición del pasto enano de los potreros en evaluación (cuadro 7). Sin embargo, se puede observar que a bajas intensidades de pastoreo (1300 kg de hojas MS/ha) la desaparición es mucho menor (10 a 14%) y no es prácticamente afectada por el periodo de descanso de los potreros. No obstante, a medida que la presión sobre el pasto

es mayor el efecto de la frecuencia de descanso se hace más notorio, llegándose hasta una desaparición del 33.8% cuando la disponibilidad de hojas fue de 500 kg de materia seca por hectárea y el periodo de descanso del potrero de 21 días.

Durante el tiempo (julio de 1989 hasta mayo de 1990) y bajo las condiciones que se realizó el presente experimento, un periodo de descanso de 25 días y una intensidad de pastoreo de 900 kg de materia seca de hojas residuales, pareciera ser el tratamiento que causaría un menor efecto detrimental en el pasto ya que es en ese tratamiento donde la cobertura disminuyó solo un 9% comparado con la población original. Debe recordarse que el pasto nunca fue fertilizado.

Sollenberger (1988<sup>b</sup>) también encontró reducción en la cobertura de pasto enano cuando era pastoreado muy frecuente y con altas intensidades de pastoreo. Estos resultados también concuerdan con lo reportado por Ibrahim (1989) donde el elefante enano no soportó pastoreos continuos o frecuentes defoliaciones. Una posible razón para la tendencia a la disminución de macollas podría ser la alta palatabilidad de este pasto.

En cuadro 8 se muestran los otros tipos de vegetación que iban ocupando los espacios cedidos por el elefante enano. La aparición de otras gramíneas y malezas puede reducirse si se le da el manejo adecuado al pasto como lo es el pastoreo a baja intensidad y frecuencias de descanso suficientemente largas. Esto permitiría una mayor producción de sombra y por ende reducción en las malezas y otras gramíneas debido a una fuerte competencia por la luz.

**Cuadro 8.** Efecto de la intensidades y frecuencias del pastoreo sobre la proporción de otras gramíneas en la pastura (Axonopus compressus, Paspalum spp. minus P. fasciculatum y P. pupureum cv. Mott) (la diferencia entre junio 1989 y mayo 1990)

INTENSIDAD	FRECUENCIA			Promedio
	21	28	35	de intens. $\pm$ S.D.
				(n=6)
500	22.0	9.7	6.6	12.7 <sup>a</sup>
900	10.4	4.4	8.7	7.8 <sup>b</sup> $\pm$ 1.2
1300	2.8	7.4	6.3	5.5 <sup>b</sup>
				p<0.05
Promedio	11.7 <sup>a</sup>	7.1 <sup>b</sup>	7.2 <sup>b</sup>	8.7
de frec. $\pm$ S.D.		$\pm$ 1.2		
(n=6)				r <sup>2</sup> = 0.871

Frecuencia: números de días descanso entre dos períodos de defoliación.

Intensidad: cantidad de MS hojas residuo (kg/ha)

<sup>ab</sup> : cifras identificadas con la misma letra no fueron diferentes

El complejo de pastos natural (Paspalum notatum, P. conjugatum y Axonopus compressus) así como las malezas crecieron entre las cepas del pasto elefante enano, donde los animales caminaban. La altura de las cepas del pasto elefante enano fue de alrededor de 50 cm de altura por lo que la sombra producida más el pisoteo de los animales contribuyó a que solo las especies más resistentes sobrevivieron, dentro de las cuales sobresalió el Axonopus compressus. Esta gramínea apareció entre las cepas,



especialmente en los tratamientos con altas intensidades y frecuencias de pastoreo, mostrando su resistencia a este tipo de manejo del pasto. Al igual que en los casos anteriores parece ser que el mejor tratamiento para evitar la invasión de especies no deseables sería un descanso de 28 días y una intensidad de 900 kg de hojas en materia seca residual, pues la proporción de pasto natural es de solo 4.4% en este tratamiento, muy inferior a los valores de 22% encontrados en la frecuencia de 21 días y 500 kg de materia seca de hoja como residuo después del pastoreo. Obviamente este último tratamiento está desfavoreciendo el pasto elefante y promoviendo la aparición de otras especies no deseables en este caso.

Cuadro 9. Digestibilidad (MS %) en vitro de hojas de pasto elefante enano (Pennisetum purpureum Schum.) durante diferentes intensidades y frecuencias de pastoreo (muestras coleccionadas en diciembre 1989 y febrero 1990)

INTENSIDAD	FRECUENCIA			Promedio de intens. ± S.D. (n=12)
	21	28	35	
500	60.8	57.9	58.6	59.1
900	59.6	57.7	60.0	59.1 ± 0.4
1300	60.0	57.3	58.9	58.7
Promedio de frec. ± S.D. (n=12)	60.1 <sup>a</sup>	57.6 <sup>b</sup>	59.1 <sup>a</sup>	59.0 ± 0.4 p<0.01 r <sup>2</sup> = 0.799

Frecuencia: números de días descanso entre dos períodos de defoliación.

Intensidad: cantidad de MS hojas residuo (kg/ha)

<sup>a</sup> : cifras identificadas con la misma letra no fueron diferentes

La calidad de este forraje fue estimada en términos de Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) y la concentración de proteína cruda. En el cuadro 8 se elustra el efeto de la frecuencia e intensidad de pastoreo sobre la DIVMS del pasto elefante enano. Se puede observar que en general los valores encontrados son altos para un pasto tropical, si se considera que durante este periodo ocurrió la floración del pasto. Es conocido que durante esta fase fenológica la DIVMS disminuye en una forma importante, puesto que la mayoría de los carbohidratos solubles estan siendo orientados hacia la floración y no hay nuevos macollos ni material joven prevaleciendo entonces las hojas más antiguas y lignificades.

Existieron diferencias significativas en la DIVMS por efecto de las diferentes frecuencias de pastoreo, encontrándose los mayores valores cuando el pasto era pastoreado más frecuentemente y por ende había una mayor cantidad de rebrotes jóvenes. Sin embargo, debe notarse que aún con largos periodos de descanso la caída en calidad de las hojas debido a la edad es prácticamente insignificante. Situación que es muy diferente a la de la mayoría de pastos tropicales y que le confiere características especiales al elefante enano, puesto que puede recibir un manejo más flexible en este sentido.

**Cuadro 10.** Efecto de diferentes intensidades y frecuencias de pastoreo sobre el contenido de proteína cruda (MS %) de hojas de pasto elefante enano, Muestras de Diciembre 1989 y Febrero 1990 (muestras coleccionadas en diciembre 1989 y febrero 1990)

INTENSIDAD	FRECUENCIA			Promedio
	21	28	35	de intens.
	<hr/>			(n=12)
500	12.1	10.3	12.6	11.6
900	11.8	11.9	11.0	11.5 ± 0.5
1300	12.4	11.7	10.5	11.5
	<hr/>			
Promedio	12.1	11.3	11.3	11.6
de frec. ± S.D.		± 0.5		
(n=12)				r <sup>2</sup> = 0.749

Frecuencia: números de días descanso entre dos períodos de defoliación.

Intensidad: cantidad de MS hojas residuo (kg/ha)

La concentración de proteína de las hojas del pasto elefante enano no varía en forma importante con la edad de rebrote, pues tal y como se observa en el cuadro 9, los valores son muy similares en las distintas frecuencias de pastoreo. Esto facilita el manejo de esta gramínea, con respecto a la mayoría de los forrajes tropicales, en los que la edad de rebrote si tiene un efecto marcado sobre la concentración de proteína cruda. Además, hay que considerar el hecho de que estas plantas se encontraban en plena floración, situación que produce una disminución del contenido proteico de los forrajes. Sin embargo, en el presente trabajo la reducción que se presenta no

es muy fuerte, manteniéndose que en los valores arriba de 10%.

Debe indicarse que en los tratamientos con altas frecuencias de pastoreo y fuertes intensidades hubo cambios en la morfología de la planta, detectándose una disminución en el tamaño y ancho de la hoja. No obstante cuando las intensidades de pastoreo eran bajas y las frecuencias de pastoreo eran largas el pasto mantuvo las hojas largas y anchas que lo caracterizan.

## 5. DISCUSION Y RECOMENDACIONES

Los resultados encontrados en el presente trabajo de casi un año indican, que bajo las condiciones en que se realizó el presente trabajo, se logra un mejor aprovechamiento de la capacidad forrajera del pasto elefante enano cuando los ciclos de pastoreo oscilan entre 28 a 35 días de descanso y una intensidad de uso que resulte en un residuo de 900 kg de MS de hojas/ha al final del periodo de pastoreo. Resultados similares han sido reportados por otros investigadores bajo condiciones subtropicales de la Florida (Sollenberger, 1988<sup>b</sup>; Da Veiga et al., 1985; Andrade y Gomide, 1971).

Según las investigaciones realizadas por Rodriguez et al. (1987), este comportamiento está muy relacionado con los niveles de reserva de carbohidratos existentes en las plantas, los cuales son altos cuando las frecuencias de pastoreo son mayores de 28 días.

El producción maximal durante el año estuvo 23,000 kg MS/ha/año, no esta bastante alto en comparación con los especies mejores de *Brachiaria*.

Un aspecto importante, es el hecho de que se presentó una disminución del 40% en la producción de materia seca durante el periodo de floración, aspecto que ha sido previamente observado y reportado por otros investigadores (Norton, 1982). Esta marcada disminución en el rendimiento de biomasa durante este periodo sería una de las principales limitantes de este pasto. La aparición de un hongo, que ataca principalmente las hojas de la planta, también afecta en forma negativa la producción de forraje, inconveniente que fue reportado también por Ibrahim (1989). En las parcelas con frecuencias de 21 días y intensidades de 500 kg permitiría una mayor producción de las malezas y otras gramíneas y un reducción de pasto elefante

enano.

Al finalizar un año de toma de datos se puede observar que ha existido una disminución en la producción de forraje del pasto elefante Enano, lo que hace suponer que es necesario realizar aplicaciones de fertilizantes para poder mantener la constancia en la producción, ya que la cantidad y calidad de la biomasa producida son indicativos de una extracción de nutrientes del suelo que podría ser muy importante.

Sin embargo también se puede pensar en sembrar este tipo de plantas en suelos relativamente fértiles o bien asociarlo con leguminosas para que se favorezca con el nitrógeno aportado por la caída de las hojas y la fijación de nitrógeno (Vascones et al., 1988).

Los sistemas de utilización de este pasto deberán ser de mejor manejo que los utilizados tradicionalmente para la producción de carne. Es más su alto valor nutritivo y preferencia por buen manejo lo hacen indicado para sistemas de producción de leche o para sistemas de doble propósito donde las vacas recién paridas tengan acceso a este pasto. Porque cortos períodos y alta presión de pastoreo es muy catastrófico para la supervivencia de pasto elefante enano (Veiga, 1985).

Este pasto no es muy duradero por que el pasto necesita un suelo bastante fértil y mucho fertilizante para tener una buena producción. Para un agricultor es también difícil para tener una buena producción de este pasto porque un buen manejo es muy importante pero muy difícil. El hongo en el pasto y la floración son otros problemas que no tiene una buena solución todavía.

## Recomendaciones

- Es necesario realizar un buen manejo del pastoreo para así evitar daños a la pradera y de esta forma controlar la aparición de especies indeseables y asegurarse la sostenibilidad de producción de la pastura.

- Realizar evaluaciones donde se incluyan leguminosas, ya sean estas herbáceas o arbóreas en asociación con el *Brachiaria* sp., para determinar especies compatibles y el posible beneficio de este asocio.

## LITERATURA - REFERENCIAS - BIBLIOGRAFIA

- Andrade, I.F., J.A. Gomide, 1971, 'Curva de Crescimento e Valor Nutritivo do Capim-Elefante (Pennisetum purpureum Schum.), 'A-146 Taiwan', Revista CERES (Brasil) 18(100): 431-447
- Avendaño, J.C., R. Borel, G. Cubillos, 1986, 'Período de Descanso y Asignación de Forraje en la Estructura y la Utilización de Varias Especies de una Pradera Naturalizada', Turrialba, 36(2)(1986):137-148.
- Ayala, J.R., M. Systachs, R. Tuero, 1985, 'Factors Affecting King-grass (Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides) Establishment. 2.Parts of the Stem and Removal of the Leaf Blade During the Dry Season with Irrigation', Cuban J.Agr.Sc., 19(1985):77-85.
- Bateman, J.V., 1970, Nutrición Animal (Manual de Métodos Analíticos), México, D.F. Herrero, 468 pp.
- Beliuchenko, I.S., G. Febles, 1980, 'Factors Affecting the Structure of Pure Grass Pastures.2.Influence of the Leaf/Stem-ratio and the Chemical contents of Stems', Cuban J.Agr.Sc., 14(1980):173-180.
- Blaser, R.E., 1982, 'Stobbs Memorial Lecture, Integrated Pasture and Animal Management', Tropical Grasslands, 16(1)(1982):9-24.
- Blaser, R.E. et al., 1986, 'Forage-Animal Management Systems', Bull. Virginia Agr.Exp.St., 86-7, xiii + 90 pp., USA.
- Boddorff, D., W.R. Ocumpaugh, 1986, 'Forage Quality of Pearl Millet x Napiergrass Hybrids and Dwarf Napiergrass', Soil and Crop Sc.Soc.Fla.Proc., 45(1986):170-173.
- Boerboom, J.H.A., W.G. Wielemaker, J.F. Wienk, K. Zijdeveld, 1986, De Atlantische Zone van Costa Rica (enige Achtergrond Informatie), LUW, W.W.O., werkgroep Costa Rica, Wageningen, 30 pp.
- Brougham, R.W., 1959, 'The Effects of Frequency and Intensity of Grazing on the Productivity of a Pasture of Short Rotation Ryegrass and Red and White Clover', New Zealand J.Agr.Res., 2(1959):1232-1248.
- Brown, R.H., R. Blaser, 1968, 'Leaf area index in pasture growth', Herbage Abstracts 38(1): 1-9
- Brozotowski, H.W., M.A. Owen, 1964, 'Botanical changes in the sown pastures', Tropical Agriculture 41:3
- Caird, L., W. Holmes, 1986, 'The Prediction of Voluntary Intake of Grazing Dairy Cows', J.Agr.Sc.Camb., 107(1986):43-54.
- Campbell, A.G., 1966, 'Grazed Pasture Parameters, 1.Pasture Dry Matter Production and Availability in a Stocking Rate and Grazing Management Experiment with Dairy Cows,



2. Pasture drymatter use in a stocking rate and grazing management experiment with dairy cows', J. Agric. Sc. Camb., 67(1966):199-216.
- Carambula, M., 1976, Produccion y Manejo de Pasturas Sembradas, Ed. Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay, 464 pp.
- Carmona, E.A., H.L. Rodriguez, 1979, 'Comparación de Nueve Cultivares y un Híbrido de Pasto Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) en el Sur del Lago de Maracaibo', Rev. Facult. Agr., 5(3)(1979):514-521.
- Caro-Costas, R., J. Vicente-Chandler, 1979, 'Effect of Three Grazing Intervals on Carrying Capacity and Weight Gains Produced by Star Grass Pastures', J. Agr. Univ. Puerto Rico, 63(1)(1979):14-20.
- Castillo-Gallegos, E., 1983, Regrowth and forage quality in *Pennisetum purpureum* (L) Schumm. Var. "dwarf" line N-75, Gainesville, University of Florida, Tese Mestrado
- CATIE, 1984, 'Caracterización Ambiental y de los Principales Sistemas de Cultivos en Fincas Pequeñas (Pococi, Guácimo, Costa Rica)', Seria Tecnica, 36, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 109 pp.
- Chacon, E., T.H. Stobbs, 1976, 'Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle', Aust. Journal of Agriculture Res. 27: 709-727
- Chen, C.P., O. Othman, 1986, 'Effects of Stocking Rate and Grazing Management on Cattle Production from Tropical Grass *Digitaria setivalva* Stent', Mardi Res. Bull., 14(1)(1986):69-80.
- Clatworthy, J.N., M.J. Muyotoha, 1981, 'Effect of Stocking Rate and Grazing Pressure on Animal Production and Botical Composition of a Silverleaf *Desmodium*/star grass Pasture', Zimbabwe Dept. Res. Spec. Serv., Division Livestock and Pastures, Annual Report 1980-81, Salisbury, p.171-173.
- Cochran, W.G., G.M. Cox, 1957, Experimenmtal Designs, 2<sup>nd</sup> ed., New York, 611 pp.
- Coses, A.C., G.E. Maraschin, 1981, 'Produção e Qualidade da Forragem de Milheto Comum e Sorgo cv. Sordan NK Sob Pastejo', Pesq. Agropec. Bras., Brasília, 16(3)(1981):397-403.
- Crespo, G., M. Oduardo, 1986, 'The Influence of Bovine Faeces and Nitrogen Fertilizers on Forage Production of King-grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*) in Red Ferrallitic Soil', Cuban J. Agr. Sc., 20(1986):277-283.
- Crowder, L.V., H.R. Chheda, 1982, Tropical Grassland Husbandry, Longman, London, 562 pp.
- Cruz, H.F., L. Wege, 1988, 'Evaluación Agronómica de tres Ecotipos de *Pennisetum purpureum* Schum. en el Altiplano de la Esperanza, Honduras', Pastos y Forrajes, (1988):1-9.
- Davison, T.M., G.W. Brown, 1985, 'Influence of Stocking Rate on the Recovery of Legume in Tropical Grass-Legume pastures', Tropical Grasslands, 19(1)(1985):4-10.

- Davison, T.M., R.T. Cowan, P.K. O'rourke, 1981, 'Management Practices for Tropical Grasses and their Effects on Pasture and Milk Production', Austr.J.Exp.Agric. Anim. Husb., 21(1981):196-202.
- Duthil, J., 1980, Producción de Forrajes, 3ª ed., Artes Gráficas Benzal, Madrid, 413 pp.
- Eraso, J.R., 1985, Prados y Forrajes, Ed. Aedos, Barcelona, 277 pp.
- Eriksen, F.I., A.S. Whitney, 1981, 'Effect of Light Intensity on Growth of Some Tropical Forage Species. 1. Interaction of Light Intensity and Nitrogen Fertilization on Six Forage Grasses', Agronomy Journal, 73(1981):277-283.
- Fuentes, V.R., Y.M.M. Granada, 1989, 'Potencialidad fitoquímica de la flora de Cuba', La Habana: CIDA, 89, 54p. Boletín de reseñas plantas medicinales
- Flores, J.A., J.E. Moore, L.E. Sollenberger, 1989, 'Quality Evaluation of 'Mott' Dwarf Elephantgrass and Pensola Bahiagrass', Florida Beef Cattle Research Report, (1989):19-20.
- Gammon, D.M., B.R. Roberts, 1978, 'Patterns of Defoliation during Continuous and Rotational Grazing of the Matopos Sandveld of Rhodesia, 3. Frequency of Defoliation', Rhod.J.Agric.Res., 16(1978):147-164.
- García, F.G., 1986, Agricultura y Ganadería en Los Tropicos, Ed. Aedos, Barcelona, 333 pp.
- Greenhalgh, J.F.D., 1975, 'Factors Limiting Animal Production from Grazed Pastures', J.Br.Grassl.Soc., 30(1975):153-160.
- Grinten, Philippe van der, 1989, 'Repuesta del elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv Schum.) a diferentes intensidades y frecuencias de pastoreo en el trópico húmedo (Guápiles) de Costa Rica', Universidad Agrícola de Wageningen, CATIE Turrialba, Costa Rica, 54p.
- Hacker, J.B., 1982, Nutritional Limits to Animal Production from Pastures (Proc. Int. Symp. Queensl.), Commonwealth Agricultural Bureaux, London, 536 pp.
- Harkess, R.D., 1970, 'Competition between Tall Fescue and Perennial Ryegrass in Pure and Mixed Swards Under Simulated Field Conditions', J.Appl.Ecol., 7(1970):497-506.
- Hassan, N.L., A.F. Osman, 1984, 'Relationships Among Agronomic Characters, Chemical Composition and in vitro digestibility in 23 Varieties of Napiergrass', World Rev.of An.Prod., 20(3)(1984):45-50.
- Haydock, K.P., N.H. Shaw, 1975, 'The Comparative Yield Method for Estimating Dry Matter Yield of Pasture', Austr.J.Exp.Agr. An.Husb., 15(1975):663-670.
- Helman, M.B., 1983, Ganadería Tropical, 3ª ed., El Ateneo, Buenos Aires, 422 pp.
- Herrera, M., 1983, Manejo del Hato Bovino y Evaluación Agronómico y Nutricional de 12 Especies Forrajeras en la Finca Experimental de Río Frio, Universidad de Costa Rica (UCR), 82 pp.

- Humphreys, L.R., 1966, 'Pasture Defoliation Practice: A Review', J.Austr.Inst.Agric.Sc., 32(1966):93-105.
- Humphreys, L.R., 1980, A Guide to Better Pastures for the Tropics and Sub-tropics, 4<sup>th</sup> ed., Wright Stephenson & co., Australia, 96 pp.
- Hunt, W.F., 1970, 'The Influence of Leaf Death on the Rate of Accumulation of Green Herbage During Pasture Regrowth', J.Appl.Ecol., 7(1970):41-50.
- Ibrahim, M.A., 1989, 'Response of dwarf elephantgrass (*Pennisetum purpureum* Schum.) to different frequencies and intensities of grazing in the humid zone (Guápiles) of Costa Rica, Tesis Mag. Sc., Turrialba, CATIE, Costa Rica, 110p.
- Jarvis, L.S., 1986, Livestock Development in Latin America, The World Bank, Washington D.C., 214 pp.
- Jones, R.M., J.N.G. Hargreaves, 1979, 'Improvements to the Dry-Weight-Rank Method for Measuring Botanical Composition', J.Br.Grassl.Soc., 34(1979):181-189.
- Jones, R.M., R.J. Jones, E.M. Hutton, 1980, 'A Method for Advanced Stage Evaluation of Pasture Species: a Case Study with Bred Lines of *Macrotilium atropurpureum*', Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb., 20(1980):703-709.
- Jones, R.M., J.J. Mott, 1980, 'Population Dynamics in Grazed Pastures', Tropical Grasslands, 14(3)(1980):218-224.
- Kalmbacher, R.S. et al., 1987, Yield and Persistence of Perennial Grasses at Immokalee Florida: 1981 to 1984, (unpublished).
- Langer, R.H.M., G.D. Hill, 1979, Plantas de Interés Agrícola (Introducción a la Botánica Agrícola), Ed. Acribia, S.A., Zaragoza, 386 pp.
- Langlands, J.P., I.L. Bennett, 1973, 'Stocking Intensity and Pastoral Production, 1.Changes in the Soil and Vegetation of a Sown Pasture Grazed by Sheep at Different Stocking Rates', J.Agric.Sc.Cambr., 81(1973):193-204.
- Littell, R.C., G.O. Mott, 1975, 'Computer Assisted Design and Analysis of Response Surface Experiments in Agronomy', Soil and Crop Sc.Soc.Flor., 34(1975):94-97.
- Loewer, O.J. et al., 1985, 'Modeling of Beef-Forage Grazing Interactions', Proc. XV Int.Grassl.Congr., Kyoto, Japan, p. 1146.
- Mannetje, 't L., 'The Role of Improved Pastures for Beef Production in the Tropics', Tropical Grasslands, 12(1)(1978):1-9.
- Mannetje, 't L., 1982, Measurement of Grassland Vegetation and Animal Production, Commonwealth Agricultural Bureaux, Aberystwyth, UK, 261 pp.
- Mannetje, 't L., J.P. Ebersohn, 1980, 'Relations Between Sward Characteristics and Animal

- Production', Tropical Grasslands, 14(3)(1980):273-279.
- Mannetje, 't L., K.P. Haydock, 1963, 'The Dry-Weight-Rank Method for the Botanical Analysis of Pasture', J.Br.Grassl.Soc., 18(1963):268-275.
- McMeekan, C.P., M.J. Walshe, 1963, 'The Interrelationship of Grazing Method and Stocking Rate in the Efficiency of Pasture Utilization by Dairy Cattle', J.Agr.Sci., 61(1963):147-163.
- Mendoza, P.E., S.C. Schank, 1987, 'Producción y Utilización de Kinggrass y Otros Pennisetums para la Producción de Carne y Leche', Conf.Int.Ganad.Avic.Tróp., 1987:C39-C45.
- Minson, D.J., 1971, 'The Nutritive Value of Tropical Pastures', J.Austr.Inst.Agr.Sc., 37(1971):255-263.
- Montalvo, M.I., J.V. Veiga, L.R. McDowell, W.R. Ocumpaugh, G.O. Mott, 1987, 'Mineral Content of Dwarf Pennisetum purpureum under Grazing Conditions', Nutrition Reports International, 35 (1)(1987):157-169.
- Montiel, M., 1983, Gramineas y Leguminosas Forraieras (Principios Básicos de), Ed.Univ.de Costa Rica, San José, Costa Rica, 99 pp.
- Monzote, M. et al., 1985, 'Evaluation of Legume Introductions 2. Establishment on Natural Grasslands', Cuban J.Agr.Sc., 19(1985):99-104.
- Motazedian, I., S.T. Sharrow, 1986, 'Defoliation Effects on Forage Dry Matter Production of a Perennial RyegrassSubclover Pasture', Agron.J., 78(1986):581-584.
- Mott, G.O., 1984, 'Carrying Capacity and Liveweight Gains of Cattle Grazing Dwarf Elephantgrass', Proc. 33<sup>rd</sup> Beef Cattle Short Course, University of Florida, Gainesville, p.111-114.
- Muldoon, D.K., C.J. Pearson, 1979, 'Morphology and physiology of regrowth of the tropical tall grass hybrid Pennisetum' Ann. Bot. 43: 719-728
- Norton, B.W., 1982, 'Differences between species in forage quality. In: Nutritional links to animal production from pastures; proceedings of an International Symposium, St. Lucia Queensland, Australia, 1981, Ed. J.B. Hacker; Farnham Royal, UK. CAB p. 89-110
- Noy-Meir, I., 1976, 'Rotational Grazing in a Continuously Growing Pasture: a Simple Model', Agric.Syst., 1(1976):87-112.
- Pedreira, J.V.S., C. Boin, 'Estudio de crecimiento de capim elefante, variedade napier (Pennisetum purpureum Schum.)' Boletín de Industria Animal (Bra.) 26: 263-273
- Pizarro, E.A., 1988, Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, 1<sup>a</sup> Reunion de la RIEPT-CAC, Veracruz, Mexico, (1988):335-338 y 379-381.
- Ralphs, M.H., M.M. Kothmann, L.B. Merrill, 1986, 'Cattle and Sheep diets under Short Duration

- Grazing', J.of Range Management, 39(3)(1986):217-223.
- Reddy, G.J., B.S. Reddy, 1986, 'Nutritive Value of Ratoon Regrown Hybrid Napier (NB-21)', Ind.J.An.Nutr., 3(2)(1986):128-131.
- Rivera-Brenes, L., J. Herencia, J.A.Arroyo, J.I. Cabrera, 'Palatability Trials on Merkergrass (Pennisetum purpureum), Venezuelagrass (paspalum fasciculatum) and Plantain Pseudostalks (Musa paradisiaca)', J.Agr.Univ.Puerto Rico, (1957):249-254.
- Roberts, C.R., 1980, 'Effect of Stocking Rate on Tropical Pastures', Tropical Grasslands, 14(3)(1980):225-231.
- Rocha, G.P., R.R. Vera, 1981, 'Structural Carbohydrates, Protein and in vitro Digestibility of Eight Tropical Grasses', Turrialba, 31(1)(1981):15-20.
- Rodríguez, L.R. de A., G.O. Mott, J.B. Veiga, W.R. Ocumpaugh, 1986, 'Tillering and Morphological Characteristics of Dwarf Elefantgrass under Grazing', Pesq.Agropec.Bras. Brasilia, 21(11)(1986):1209-1218.
- Rodríguez, L.R. de A., G.O. Mott, J.B. Veiga, W.R. Ocumpaugh, 1987 'Effect of Grazing Management on Leaf Area and Total Non-structural Carbohydrates of Dwarf Elefantgrass', Pesq.Agropec.Bras.Brasilia, 22(2)(1987):195-201.
- Rodríguez, S., E. Blanco, 1970, 'Composición Química de Hojas y Tallos de 21 Cultivares de Elefante (Pennisetum purpureum Schum.)', Agronomía Tropical, 6(xx)(1970):383-396.
- Romero, F., comunicación personal.
- Sawada, H., 1985, 'Intensive Production System for Pastures in the Humid Tropics', Trop.Agr.Res.Ser., 18(1985):195-208.
- Scarnecchia, D.L., 1985, 'The Animal-Unit and Animal-Unit-Equivalent Concepts in Range Science', J.of Range Management, 38(4)(1985):346-349.
- Scarnecchia, D.L., 1985, 'The Relationship of Stocking Intensity and Stocking Pressure to Other Stocking Variables', J.of Range Management, 38(6)(1985):558-559.
- Schank, S.C., 1985, 'Híbridos entre Mijo Peria y Pasto Elefante para Producción de Forraje en el Subtrópico', Conf.Int.Ganad.Avic.Tróp., 1985:A1-A4.
- Schoney, R.A., T.F.Bay, J.F. Moncrief, 'Use of Computer Graphics in the Development and Evaluation of Response Surfaces', Agron.J., 73(1981):437-442.
- Shaw, N.H., W.W. Bryan, 1976, Tropical Pasture Research (Principels and Methods), Commonwealth Agricultural Bureaux, Aberystwyth, UK, 454 pp.
- Simpson, J.R., 1988, The Economics of Livestock Systems in Developing Countries (Farm and Project Level Analysis), Westview Press, Colorado, 297 pp.

- Soest, P.J. van, 1982, Nutritional Ecology of the Ruminant (Ruminant Metabolism, Nutritional Strategies, the Cellulolytic Fermentation and the Chemistry of Forages and Plant Fibers), O & B Books Inc., Oregon, USA, 373 pp.
- Sollenberger, L.E., C.S. Jones, 1986, Rendimiento Animal en Pasto Elefante Enano en Florida, Proc. Conf. Int. Ganadería y Avicultura en los Trópicos, p. A18-A22.
- Sollenberger, L.E., G.M. Prine, W.R. Ocumpaugh, W.W. Hanna, C.S. Jones, S.C. Schank, R.S. Kalmbacher, 1988<sup>b</sup>, "'Mott" Dwarf Elephant grass: A High Quality Forage for the Subtropics and Tropics', Flor.Agric.Exp.Stat.Circ., S-356, 1988.
- Sollenberger, L.E., G.M. Prine, W.R. Ocumpaugh, S.C. Schank, R.S. Kalmbacher, C.S. Jones, 1987, 'Dwarf Elephantgrass: A High Quality Forage With Potential in Florida and the Tropics', Proc.Soil and Crop Sc.Soc.Flor., 46(1987):42-46.
- Sollenberger, L.E., G.M. Prine, K.R. Woodard, C.S. Jones, 1988<sup>a</sup>, 'Planting Methodology for 'Mott' Dwarf Elephantgrass', Proc.Int.Conf.on Livestock and Poultry in the Tropics, (1988): A9-A14.
- Steel, R.G.D., J.H. Torrie, 1981, Principels and Procedures of Statistics (a Biometrical Approach), 2<sup>nd</sup> Ed., Int.Stud.Ed., McGraw-Hill, Inc., Singapore, pp. 633.
- Stobbs, H. 1973; 'The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. 1. Variation in the bite size of grazing cattle; 2. Differences in sward structure, nutrition value and bite size of animals grazing *Setaria aceps* and *Cloris gayana* at various stages of growth', Austr. J. of Agric. Res., 24: 809-829
- Stobbs, T. 1978, 'Milk production, milk composition, rate of milking and behaviour of dairy cows grazing two tropical grass pastures under a leader and follow system', Aust. J. of Expt. Agric. and Anim. Husb. 18:5-15
- Stuth, J.W., D.R. Kirby, R.E. Chmielewski, 1981, 'Effect of Herbage Allowance on the Efficiency of Defoliation by the Grazing Animal', Grass and Forage Sc., 36(1981):9-15.
- Tainton, N.M., 1974, 'Effects of Different Grazing Rotations on Pasture Production', J.Br.Grassl.Soc., 29(1974):191-202.
- Tergas, L.E., J. Vélez-Santiago, D.V. de Saldaña, 1988, 'Production of Grazed Tropical Grasses at Toa Baja in the Humid Northern Coastal Plains of Puerto Rico', J.Agr.Univ.Puerto Rico, 72(1)(1988):91-98.
- Tilley, J.M., R.A. Terry, 1963, 'A Two - Stage Technique for the in vitro digestion of forage crops', J.Br.Grassl. Soc., 18(1963):104-110.
- Tothill, J.C., 1978, 'Measuring Botanical Composition of Grasslands', En: Measurement of Grassland Vegetation and Animal Production, Ed.L. 't Mannetje, Bull. 52, Commonwealth Agricultural Bureaux, Hurley, Berkshire, England, pp.22-62.

- Vascones, J. Cruz, C.M. Aguilar, R. Santillan, M. Velez, M. Salazar, 1988, 'Produccion animal de tres especies forrajeras en el valle de El Zamorano. In: Red. Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales Ed. Esteban A. Pizarro, Cali, Colombia, CIAT, p.379-381
- Veiga, J.B. da, G.O. Mott, L.R. de Andrade, W.R. Ocumpaugh, 1985, 'Capim-Elefante Anao sob pastejo', 1. Produção de Forragem, 2.Valor Nutritivo, Pesq.Agropec.Bras, Brasilia, 20(8)(1985):929-944.
- Vickery, P.J., 1981, 'Pasture growth under grazing', In: Grazing Animals Ed. F.H.W. Morley, Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing, p. 55-77 (World Animal Science,B1)
- Villalobos Morales, J.L., 1979, 'Efecto del intervalo de descanso y la presion de pastoreo sobre el comparamiento de la asociacion de Kudzu tropical (Pueraria phaseoloides, Benth) y pasto ruzi (Brachiaria ruziziensis, Germain y Evrard): Universidad de Costa Rica, San José, Turrialba, 1979, 103p.
- Weeda, W.C., C. During, 1987, 'Effect of Grazing Management on Herbage Production and Botanical Composition of "Grasslands Nui" Ryegrass-Paspalum-White Clover Pasture. 1.Effect of Intensity of Grazing by Cattle in Different Seasons', New Zealand J.of Agr.Res., 30(4)(1987):423-430.
- Wege, L., 1987, 'Uso del Pasto de Corte, Ensilaje y Leguminosas Arbustivas en la Producción Bovina', Seminario Internacional sobre Manejo de Pastos y Forrajes y su Influencia en la Fertilidad y Producción Bovina, Ed. A. Rojas, Heredia, Costa Rica (Convenio MAG-UNA-GTZ), 1987.
- White, R.O., T.R.G. Moir, J.P. Cooper, 1975, Grasses in Agriculture, 5<sup>th</sup> ed., FAO, Rome, 417p.
- Whiteman, P.C., 1980, Tropical Pasture Science, Oxford University Press, New York, 391 pp.
- Wilson, J.R., D.J. Minson, 1980, 'Prospects for Improving the Digestibility and Intake of Tropical Grasses', Tropical Grasslands, 14(3)(1980):253-259.
- Woodard, K.R., G.M. Prine, W.R. Ocumpaugh, 1985, 'Technics in the Establishment of Elephantgrass (Pennisetum purpureum Schum.)', Soil and Crop Sc.Soc.Flor, 44(1985):216-221.